



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 44 527 A1 2004.04.08

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 44 527.3

(22) Anmeldetag: 25.09.2002

(43) Offenlegungstag: 08.04.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: F15B 13/044  
F16K 31/06

(71) Anmelder:  
ZF FRIEDRICHSHAFEN AG, 88046  
Friedrichshafen, DE

(72) Erfinder:  
Mayr, Karlheinz, Dipl.-Ing., Bregenz, AT; Kill,  
Walter, 88046 Friedrichshafen, DE; Schmidt, Thilo,  
Dipl.-Ing., 88074 Meckenbeuren, DE; Philipp,  
Gunter, Dipl.-Ing., 88097 Eriskirch, DE;  
Remmlinger, Hubert, Dipl.-Ing., 88046  
Friedrichshafen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu  
ziehende Druckschriften:

DE 199 01 679 A1

DE 101 17 608 A1

DE 100 03 896 A1

EP 08 75 702 A2

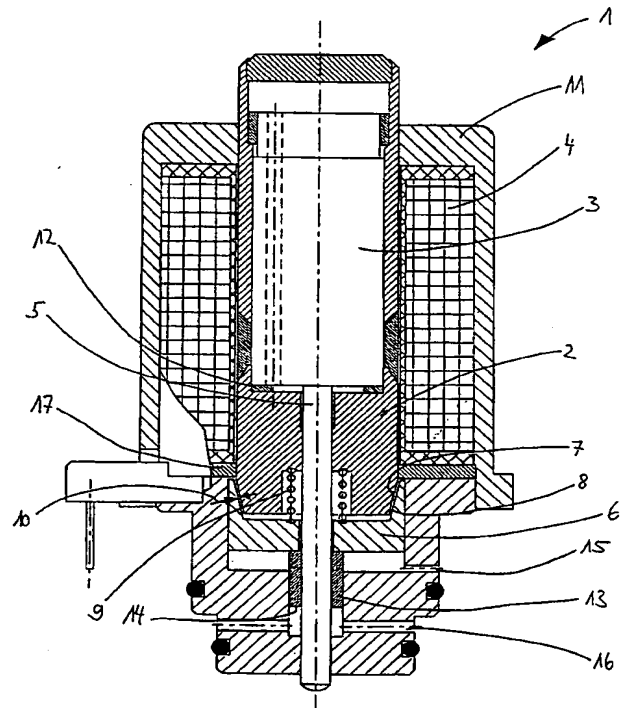
EP 07 52 152 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: Proportional-Druckregelventil

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Proportional-Druckregelventil mit einer lastabhängigen Ansteuerungsstufe und ein Verfahren zur lastabhängigen Regelung eines Druckniveaus eines Druckmediums mit einem Proportional-Druckregelventil. Die lastabhängige Ansteuerungsstufe wird mit einem Proportionalmagneten (1) erreicht, welcher wenigstens zwei Spalten (10, 12) zur Regelung der Magnetkraft aufweist. Die Größe der Spalte (10, 12) sind unabhängig voneinander einstellbar. Während ein erster Spalt (12) stromabhängig geregelt wird, ist die Größe eines zweiten Spaltes (10) mittels einer Druckkraft regelbar, die proportional einer Lastanforderung im Hydraulikkreis anpassbar ist.



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Proportional-Druckregelventil gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Weiterhin beinhaltet die Erfindung ein Verfahren zur Regelung eines Druckniveaus eines Druckmediums mit einem Proportional-Druckregelventil gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 17.

[0002] In einem Getriebe, insbesondere einem automatischen Kraftfahrzeuggetriebe, wird der Druck in einem Hydraulikkreis bedarfsorientiert geregelt. Während für die Schmierölversorgung der Getriebebauteile das Druckniveau im Hydraulikkreis niedrig gehalten werden kann, muss während der Schaltvorgänge der Druck stark angehoben werden, um beispielsweise Schaltelemente schnell befüllen zu können.

## Stand der Technik

[0003] Nach dem Stand der Technik werden für die Regelung des Drucks in Hydraulikkreisen Druckregler eingesetzt, welche Nachfolgeschieber zur Kupplungsbetätigung ansteuern. Die Steuerung der Nachfolgeschieber erfolgt innerhalb des Druckreglers mittels einem Proportionalmagneten, welcher unter anderem aus einem Magnetkern, einer Magnetspule und einem Magnetanker besteht. Der Proportionalmagnet steuert dabei den Spulenstrom proportional zu der Ausgangsgröße Kraft, das heißt, dass entsprechend dem Spulenstrom der Magnetanker und damit der Nachfolgeschieber zur Kupplungssteuerung gesteuert wird. Aus den daraus resultierenden charakteristischen Magnetkraft-Strom-Kennlinien des Druckreglers werden in einer elektrohydraulischen Steuerung von Automatikgetrieben die zur Kupplungsanpassung gewünschten Druck-Strom-Kennlinien erzeugt.

[0004] In der deutschen Patentanmeldung DE 100 03 896 A1 der Anmelderin ist ein Druckregler beschrieben, der mittels eines feststehenden Proportional-Magneten, einer Magnetspule, einem beweglichen Magnetanker und einem bestimmten Ansteuerungssystem ein nachfolgendes Schieberventil bedarfsmäßig verstellt, und damit den Druck im Hydraulikkreis regelt. Die charakteristische Druck-Strom-Kennlinie weist einen von Beginn an kontinuierlich steigenden Verlauf auf, das heißt mit steigender Stromstärke steigt auch der Druck. In der Praxis jedoch ist der Gradient der Druck-Strom-Kennlinie für die Anforderungen im Betrieb zu groß, so dass die Druck-Strom-Kennlinie zu steil ist und dadurch die Strom-Empfindlichkeit der Druckregelung für eine komfortable Gangübersetzung nicht ausreicht. Vor allem bei einer niedrigen Belastung also bei geringen Drücken macht sich die geringe Empfindlichkeit besonders in einer schlechteren Schaltqualität bemerkbar.

## Aufgabenstellung

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden und insbesondere ein Proportional-Druckregelventil für die Regelung eines Druckniveaus in einem Hydraulikkreis bzw. ein Verfahren zu schaffen bzw. anzugeben, durch das Änderungen des Druckniveaus in einem Hydraulikkreis möglichst komfortabel eingestellt werden bzw. wie ein solches Proportional-Druckregelventil angesteuert wird.

[0006] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird durch ein die Merkmale des Anspruchs 1 aufweisendes Proportional-Druckregelventil und ein die Merkmale des Anspruchs 17 aufweisendes Verfahren zur Regelung eines Druckniveaus in einem Hydraulikkreis mit einem Proportional-Druckregelventil gelöst.

[0007] Die Anforderung einer hohen Druck-Strom-Empfindlichkeit, vor allem im niederen Druckbereich wird durch eine lastabhängige Anpassung der charakteristischen Druck-Strom-Kennlinie, nachfolgend der Einfachheit halber p-I-Kennlinie genannt, erfüllt.

[0008] Realisiert wird die lastabhängige Anpassung der p-I-Kennlinie des erfindungsgemäßen Proportional-Druckregelventils durch einen Proportionalmagnet mit zwei unabhängig voneinander ansteuerbaren Spalten. Der erste Spalt ist Teil einer nach dem Stand der Technik bekannten Tauchstufe, die mittels induziertem Magnetfeld angesteuert wird. Dieses Magnetfeld wird durch einen elektrischen Strom in der Magnetspule erzeugt und verläuft dann über den im Innern der Magnetspule befindlichen Magnetanker, dem Gehäuse und dem Magnetkern. Eine axiale Trennung zwischen Magnetanker und Magnetkern mittels einem nichtmagnetischen Ring bewirkt, dass das Magnetfeld nur über einen Radialspalt zum Magnetanker übertreten kann. An dieser Stelle erzeugt das Magnetfeld eine Magnetkraft, die auf den Magnetanker wirkt und diesen entsprechend der Magnetkraft in axialer Richtung bewegt. Eine stufenlose elektrische Ansteuerung des Proportionalmagneten, beziehungsweise der Magnetspule ermöglicht auf diese Weise eine stufenlose Steuerung des Magnetankers, beziehungsweise eines durch eine Ankerstange mit dem Magnetanker verbundenen Steuerelements.

[0009] Zusätzlich wird erfindungsgemäß über einen zweiten Spalt beziehungsweise eine zweite Tauchstufe eine gezielte Magnetfeldschwächung erreicht. Der zweite Spalt wird durch den Einsatz eines erfindungsgemäßen Magnetkerns realisiert, der aus wenigstens zwei Teilen besteht, insbesondere einem ersten und einem zweiten Teil.

[0010] Dabei ist der erste Teil des Magnetkerns fest mit dem Gehäuse verbunden, konzentrisch und axial verschieblich um die mit dem Magnetanker fest verbundene Ankerstange angeordnet. Der erste Teil des Magnetkerns ragt teilweise in den Innenraum der Ma-

gnetspule hinein.

[0011] Der zweite Teil des Magnetskerns ist gleichermaßen koaxial, konzentrisch und axial verschieblich um die Ankerstange angeordnet. Jedoch ist der zweite Teil im Gegensatz zu dem mit dem Gehäuse fest verbundenen ersten Teil axial frei beweglich. Der zweite Teil des Magnetskerns ist also in der Art eines Schiebeteils realisiert, welches anlegbar an den ersten Teil angeordnet ist und vorzugsweise axial zwischen dem ersten Teil des Magnetskerns und dem Gehäuse vorgesehen.

[0012] Diese Teilung des Magnetskerns in einen ersten Teil, der mit dem Gehäuse fest verbunden ist und einen zweiten Teil, der axial beweglich angeordnet ist ermöglicht eine Verstellung der Spaltweite des zweiten Spaltes, der zwischen diesen beiden Teilen ausbildbar ist.

[0013] Damit wird eine bedarfsorientierte Ansteuerung des zweiten Spaltes ermöglicht. Der zweite Spalt stellt, wie auch der erste Spalt in einem magnetischen Kreis einen magnetischen Widerstand dar. Umso größer diese Spaltweiten sind, desto größer ist der magnetische Widerstand und desto schwächer ist das Magnetfeld in dem magnetischen Kreis. Die Position des zweiten Teils des Magnetskerns, welche die Größe des zweiten Spaltes bestimmt, beeinflusst also den magnetischen Widerstand im magnetischen Kreis und folglich die Stärke des Magnetfeldes.

[0014] Dies bedeutet, dass beispielsweise ein großer zweiter Spalt das Magnetfeld insgesamt schwächt und damit auch die Magnetkraft zwischen dem erstem Teil des Magnetskerns und dem Magnetanker reduziert wird. Die Regelung über den elektrischen Strom an der Magnetspule ist in diesem Fall wegen des höheren magnetischen Widerstands weniger empfindlich. Der Gradient der p-I-Kennlinie ist dann kleiner als bei einem kleinen zweiten Spalt, das heißt die Stromempfindlichkeit der Druckeinstellung ist geringer und damit ist auch eine hohe Auflösung der Druckeinstellungsmöglichkeit gegeben. Dies wirkt sich vor allem im niedrigen Druckbereich vorteilhaft aus, da in diesem Bereich Druckänderungen besonders spürbar sind.

[0015] Vorteilhaft weisen der erste und der zweite Teil des Magnetskerns korrespondierende Anlageflächen auf, deren Ausbildung in dem zweiten Spalt einen radialen magnetischen Feldlinienübergang zwischen dem zweiten und dem ersten Teil des Magnetskerns bewirken.

[0016] Vorzugsweise wird der zweite Teil des Magnetskerns über einen konischen Schieber realisiert. Die Form des Konus hat einen großen Einfluss auf die Eigenschaften des Proportionalmagneten. Der Konuswinkel bestimmt den Anteil der Radial- und Axialkräfte die durch den Magnetfluss auf den Schieber, beziehungsweise zweiten Teil des Magnetskerns übertragen werden. Die Radialkräfte gleichen sich über den Umfang aus. Ein hoher Anteil davon ist daher anzustreben. Um eine vom Hub abhängige Magnetflussänderung zu bewirken sind aber auch Axial-

kräfte notwendig. Allerdings sollten die Axialkräfte so klein wie möglich sein, da sonst eine zweite Regelstelle entsteht und Nichtlinearitäten im p-I-Verhalten des Proportional-Druckregelventils auftreten können. Dies würde zu negativen Regeleigenschaften führen. Ein Arbeitspunkt im Kennfeld wäre zudem mit zwei Regelstellen nicht eindeutig einstellbar. Die Regelung des Proportionalmagneten sollte darum hauptsächlich über den ersten Spalt erfolgen. Weiterhin sollte der Einfluss des zweiten Spaltes regelungstechnisch sicher sein.

[0017] Die Ansteuerung des zweiten Magnetskerns erfolgt durch eine Druckkraft, welche vorzugsweise hydraulisch, aber auch pneumatisch oder mechanisch erzeugt wird. Vorteilhafter Weise stellt sich die Druckkraft entsprechend einer Lastanforderung im Getriebe ein, insbesondere bei einer hydraulischen Ansteuerung einem Hydraulikdruck im Hydraulikkreis. Der Hydraulikdruck als Führungsgröße für die Ansteuerung des zweiten Spaltes ist entweder der Hauptdruck selbst, ein zum Hauptdruck proportionaler Druck oder der selbst ausgegebene Druck.

[0018] Mit der Abhängigkeit der Druckkraft von den Lastanforderungen im Getriebe ist eine proportionale Absenkung der p-I-Kennlinie im Teillastbereich möglich.

[0019] Zusammenfassend ist das erfindungsgemäße Proportional-Druckregelventil mit folgenden Vorteilen darstellbar-Die/das erfindungsgemäße Proportional-Druckregelventil/Verfahren ermöglichen zwei unabhängig voneinander wirksame Eingriffsparameter zur Ansteuerung eines Druckniveaus, insbesondere eines Schaltkupplungsdruckes. Der reduzierte Gradient der p-I-Kennlinie im Teillastbereich bewirkt die Erhöhung der p-I-Empfindlichkeit.

[0020] Wird als Führungsgröße der ausgegebene Druck für die Ansteuerung des zweiten Spaltes eingesetzt, kann eine hohe p-I-Empfindlichkeit im niedrigen Druckbereich und eine entsprechend geringe Empfindlichkeit im hohen Druckbereich erzielt werden.

[0021] In einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Druckkraft über einen Schieber axial in den zweiten Teil des Magnetskerns geleitet wird. Dieser Schieber ist kraftschlüssig an den zweiten Teil des Magnetskerns anlegbar und hat vorzugsweise die Form einer hohlzylindrischen Hülse, welche eine im wesentlichen ringförmige Druckfläche aufweist. Diese Druckfläche ist mit einer Zuleitung des Hydraulikkreises verbunden und daher mit einer hydraulischen Druckkraft beaufschlagbar. Damit wird der Schieber durch einen Hydraulikdruck proportional zu einer Lastanforderung im Hydraulikkreis betätigt.

[0022] Dies bedeutet, dass der zweite Spalt lastabhängig gesteuert wird und damit das Magnetfeld, beziehungsweise die Magnetkraft zwischen Magnetanker und erstem Teil des Magnetskerns lastabhängig beeinflusst wird.

[0023] In einer anderen Ausgestaltung der Erfin-

dung ist vorgesehen, dass die hydraulische Ansteuerung des zweiten Spaltes über mehrere Axialbohrungen gewährleistet wird. Der Schieber sitzt nicht direkt auf der Ankerstange, sondern am Polkern. Dadurch erhält das System ein stabiles Verhalten, da das Verhältnis Breite zu Höhe erheblich verbessert ist. Außerdem ist durch diese Ansteuerung auch ein genaues Positionieren des zweiten Teils des Magnetkerns möglich.

[0024] Zum besseren Verständnis wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und einer p-I-Kennlinie erläutert, die in den beigefügten Zeichnungen dargestellt sind.

[0025] Es zeigen:

[0026] Fig. 1 einen Längsschnitt eines Proportionalmagneten mit einer hydraulischen Ansteuerung des zweiten Luftspaltes;

[0027] Fig. 2 ein p-I-Kennlinienfeld des erfindungsgemäßen Proportional-Druckregelventils.

#### Ausführungsbeispiel

[0028] In Fig. 1 ist ein Längsschnitt eines Proportionalmagneten 1 dargestellt. Der Proportionalmagnet 1 besteht unter anderem aus einer Magnetspule 4, einem im Magnetspuleninnern beweglichen Magnetanker 3, einer mit dem Magnetanker 3 fest verbundenen Ankerstange 5 und einem zweiteiligen Magnetkern. Der Magnetkern weist einen ersten Teil 2 und einen zweiten Teil 6 auf. Beide Teile 2, 6 sind coaxial, konzentrisch und verschieblich zur Ankerstange 5 angeordnet. Während der erste Teil 2 fest mit dem Gehäuse 11 verbunden ist, ist der zweite Teil 6 axial beweglich im Proportionalmagnet 1 vorgesehen. Fließt in der Magnetspule 4 elektrischer Strom, entsteht ein Magnetfeld, dessen magnetischer Fluss in einem magnetischen Kreis über das Gehäuse 11, den Magnetkern und den Magnetanker 3 verläuft. Dabei entsteht zwischen dem ersten Teil des Magnetkerns 2 und dem Magnetanker 3 in einem ersten Spalt 12 eine Magnetkraft, welche den Magnetanker 3 anzieht. Diese Bewegung des Magnetankers 3 hat über die Ankerstange 5 eine Betätigung des Steuerelements zur Folge.

[0029] Mit dem zweiten Teil des Magnetkerns 6 ist ein zweiter Spalt 10 in dem Magnetkreis einstellbar, welcher abhängig von seiner Größe einen magnetischen Widerstand darstellt. Umso größer der zweite Spalt 10, umso größer ist der magnetische Widerstand im magnetischen Kreis und desto kleiner ist der magnetische Fluss. Die Veränderung des magnetischen Fluss hat unmittelbar eine Veränderung der Magnetkraft im ersten Spalt 12 zur Folge und darum auch Auswirkungen auf die Bewegung des Magnetankers 3, beziehungsweise auf die Betätigung des Steuerelements.

[0030] Der zweite Teil des Magnetkerns 6 wird durch eine Druckkraft bewegt. Die Druckkraft erfolgt in dem gezeigten Ausführungsbeispiel hydraulisch. Ein Schieber 13, welcher an dem zweiten Teil des

Magnetkerns 6 kraftschlüssig anlegbar ist, leitet die Druckkraft axial in den zweiten Teil des Magnetkerns 6 ein. Der Schieber 13 ist als hohlzylindrische Hülse ausgebildet, welche in einer Bohrung des Gehäuses 11 angeordnet ist und diese möglichst öldicht abschließt. Dieser Schieber 13 sieht eine Druckfläche vor, welche mit einer Zuleitung 16 zum Hydraulikkreis verbunden ist und diese dadurch mit einer hydraulischen Druckkraft beaufschlagt wird. Dabei entspricht die hydraulische Druckkraft dem Hauptdruck oder ist proportional zum Hauptdruck oder ist der selbst ausgegebene Druck. Damit ist die Betätigung des zweiten Teils des Magnetkerns 6 abhängig von einer Lastanforderung, welche sich in dem Druckniveau in einem Hydraulikkreis widerspiegelt. Weiterhin ist im Gehäuse 11 eine Entlüftungsbohrung 15 vorgesehen, um den durch den Schieber 13, den zweiten Teil des Magnetkerns 6 und das Gehäuse 11 gebildeten Raum zu entlüften und eventuell auftretendes Leckageöl aus dem Gehäuseinnern abzulassen.

[0031] Eine Druckfeder 9 zwischen dem ersten 2 und zweiten Teil 6 des Magnetkerns stellt den zweiten Teil des Magnetkerns 6 wieder zurück, sobald die hydraulische Druckkraft vermindert wird.

[0032] Weiterhin ist eine nicht magnetische Scheibe 17 vorgesehen, welche zum einen den ersten Teil des Magnetkerns 2 fest mit dem Gehäuse verbindet und zum anderen den magnetischen Fluss derart umleitet, so dass dieser zunächst über – den zweiten Teil 2, dann über den ersten Teil des Magnetkerns 6 fließen muss.

[0033] Durch diese Geometrie ist gewährleistet, dass der magnetische Fluss über zwei Spalte 10, 12 fließen muss, dessen Größe unabhängig voneinander beeinflussbar ist. Somit wird die Magnetkraft, welche letztlich die Bewegung des Magnetankers 3 bewirkt, beziehungsweise die Betätigung des Steuerelements von zwei unabhängig voneinander bestimmbaren Parametern eingestellt.

[0034] Dabei ist der erste einstellbare Parameter die Stromstärke in der Magnetspule 4 und der zweite Parameter eine entsprechend der Lastanforderung angepasste Größe, wie beispielsweise der Hydraulikdruck in einem Hydraulikkreis. Die Kombination dieser zwei Parameter ermöglicht die Lastanpassung einer Steuerung für einen Proportional-Magneten und erzielt eine günstige Druck-Strom-Empfindlichkeit in einem gewünschten Druckbereich.

[0035] In Fig. 2 ist ein Kennlinienfeld mit drei p-I-Kennlinien dargestellt. Kennlinie a stellt die p-I-Kennlinie mit maximaler Größe des zweiten Spaltes 10, Kennlinie b die p-I-Kennlinie mit minimaler Größe des zweiten Spaltes 10 und Kennlinie c die p-I-Kennlinie mit dem eigenen Ausgabedruck als Führungsgröße.

[0036] Im Vergleich der Kennlinien a und b ist gut erkennbar, dass der Gradient der Kennlinie b größer als der der Kennlinie a ist. Daraus ist zu deuten, dass die p-I-Empfindlichkeit abhängig von der Größe des zweiten Spaltes 10 ist, und zwar derart, dass die

p-I-Empfindlichkeit mit zunehmender Größe des zweiten Spaltes 10 steigt.

[0037] Die Kennlinie c zeigt eine anfangs ähnlich große p-I-Empfindlichkeit wie Kennlinie a. Sie verläuft jedoch ab einem gewissen Wert steiler und nähert sich dem Verlauf von Kennlinie b. Mit dem eigenen Ausgabedruck als Führungsgröße ist also eine große p-I-Empfindlichkeit im niederen Druckbereich und eine verminderte p-I-Empfindlichkeit im hohen Druckbereich erreichbar.

#### Bezugszeichenliste

- |    |   |
|----|---|
| 1  | Proportional-Magnet                       |
| 2  | erster Teil des Magnetkerns               |
| 3  | Magnetanker                               |
| 4  | Magnetspule                               |
| 5  | Ankerstange                               |
| 6  | zweiter Teil des Magnetkerns              |
| 7  | Anlagefläche erster Teil des Magnetkerns  |
| 8  | Anlagefläche zweiter Teil des Magnetkerns |
| 9  | Druckfeder                                |
| 10 | zweiter Spalt                             |
| 11 | Gehäuse                                   |
| 12 | Spalt                                     |
| 13 | Schieber, Hülse                           |
| 14 | Druckfläche                               |
| 15 | Entlüftungsbohrung                        |
| 16 | Zuleitung                                 |
| 17 | nicht magnetische Scheibe                 |

#### Patentansprüche

1. Proportional-Druckregelventil zur Regelung eines Druckniveaus in einem Hydraulikkreis mit einer Ankerstange (5) als Verbindung zwischen einem im Hydraulikkreis angeordneten Steuerelement und einem in einem Gehäuse (11) befindlichen Proportional-Magneten (1), welcher aus einem Magnetkern einem Magnetanker (3) und einer Magnetspule (4) besteht, wobei

- die Magnetspule (4) und der Magnetkern fest mit dem Gehäuse (11) verbunden sind und
- im Innenraum der Magnetspule (4) der Magnetanker (3) durch eine innerhalb eines Spaltes (12) zwischen dem Magnetanker (3) und dem Magnetkern bestehende Magnetkraft axial zwischen zwei Endpositionen hin- und herbewegbar ist und
- der Magnetkern teilweise in den Innenraum der Magnetspule (4) hinein ragt und dabei konzentrisch und axial verschieblich um die mit dem Magnetanker (3) einen Endes fest verbundene Ankerstange (5) angeordnet ist und
- die Bewegung des Magnetankers (3) eine Betätigung des Steuerelementes zur Folge hat, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Proportional-Magnet (1) einen zweiten einstellbaren Spalt (10) zur Regelung der Magnetkraft aufweist.

2. Proportional-Druckregelventil nach Anspruch

1, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnetkern aus wenigstens einem ersten (2) und einem zweiten Teil (6) besteht, die coaxial zur Ankerstange (5) vorgesehen sind.

3. Proportional-Druckregelventil nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass, dass der zweite Teil des Magnetkerns (6) axial zwischen dem ersten Teil des Magnetkerns (2) und dem Gehäuse (11) vorgesehen ist und einen zweiten einstellbaren Luftspalt (10) zum ersten Teil des Magnetkerns (2) bildet.

4. Proportional-Druckregelventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Teil des Magnetkerns (2) fest mit dem Gehäuse (11) verbunden ist und der zweite Teil des Magnetkerns (6) axial beweglich und konzentrisch um die Ankerstange (5) angeordnet ist und die Bewegung des zweiten Teils des Magnetkerns (6) durch eine Druckkraft erfolgt.

5. Proportional-Druckregelventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung der Druckkraft ein Schieber (13) vorgesehen ist, welcher an dem zweiten Teil des Magnetkerns (6) kraftschlüssig anlegbar ist und über den Schieber (13) die Druckkraft axial in den zweiten Teil des Magnetkerns (6) geleitet wird.

6. Proportional-Druckregelventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schieber (13) aus nicht magnetischem Werkstoff hergestellt und axial beweglich und konzentrisch um die Ankerstange (5) angeordnet ist.

7. Proportional-Druckregelventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckkraft hydraulisch, pneumatisch oder mechanisch erzeugbar ist.

8. Proportional-Druckregelventil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Betätigung des Schiebers (13) proportional zu einer Lastanforderung, beziehungsweise einem Hydraulikdruck im Hydraulikkreis erfolgt.

9. Proportional-Druckregelventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schieber (13) als hohlzylindrische Hülse ausgebildet ist, welche in einer Bohrung des Gehäuses (11) angeordnet ist und diese möglichst öldicht abschließt.

10. Proportional-Druckregelventil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Schieber (13) auf einer Stirnseite eine im wesentlichen ringförmige Druckfläche aufweist, die mit einer Zuleitung (16) des Hydraulikkreises verbunden ist und mit einer hydraulischen Druckkraft beaufschlagbar ist.

11. Proportional-Druckregelventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Teil (6) und der erste Teil (2) des Magnetkerns korrespondierende Anlageflächen (7, 8) aufweisen, deren Ausbildung in dem zweiten Spalt (10) einen radialen magnetischen Feldlinienübergang zwischen dem zweiten (6) und dem ersten Teil (2) des Magnetkerns bewirken.

12. Proportional-Druckregelventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlagefläche (7) des ersten Teils des Magnetkerns (2) auf einem Außenkonus angeordnet ist.

13. Proportional-Druckregelventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlagefläche (8) des zweiten Teil (6) des Magnetkerns auf einem Innenkonus ausgebildet ist.

14. Proportional-Druckregelventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Gehäuse (11) eine Entlüftungsbohrung (15) vorgesehen ist, welche den durch den Schieber (13), den zweiten Teil des Magnetkerns (6) und das Gehäuse (11) gebildeten Raum entlüftet.

15. Proportional-Druckregelventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem zweiten (6) und ersten Teil (2) des Magnetkerns (6) konzentrisch zur Ankerstange (5) eine Druckfeder (9) angeordnet ist, welche eine Federkraft zwischen dem zweiten (6) und ersten Teil (2) des Magnetkerns beziehungsweise dem Schieber (13) erzeugt und diese Federkraft der hydraulischen Druckkraft entgegen wirkt.

16. Proportional-Druckregelventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine nicht magnetische Scheibe (17) vorgesehen ist, welche den ersten Teil des Magnetkerns (2) mit dem Gehäuse (11) fest verbindet.

17. Verfahren zur Regelung eines Druckniveaus in einem Hydraulikkreis mit einem Proportional-Druckregelventil mit  
– einer Ankerstange (5) zur Verbindung eines im Hydraulikkreis angeordneten Steuerelements mit  
– einem Proportional-Magnet, welcher aus einem Magnetkern, einem Magnetanker (3) und einer Magnetspule (4) besteht, wobei der Magnetanker (3) durch eine in einem Luftspalt (18) bestehende Magnetkraft axial zwischen zwei Endpositionen hin- und herbewegbar ist und die Magnetkraft von einem magnetischen Fluss in einem Magnetkreis abhängt, welcher durch die Höhe eines an der Magnetspule (4) angelegten elektrischen Stromes einstellbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein Magnetkern verwendet wird, der aus wenigstens einem ersten (2)

und einem zweiten Teil (6) besteht und dadurch ein zweiter Spalt (10) in dem Magnetkreis erzeugbar ist, so dass ein magnetischer Widerstand entsteht, der die Magnetkraft regelt.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Spalt (10) einstellbar ist, indem der zweite Teil des Magnetkerns (6) koaxial zur Ankerstange (5) bewegt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Teil des Magnetkerns (6) mittels eines Schiebers (13) bewegbar ist, der hydraulisch, pneumatisch oder mechanisch betätigt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Schieber (13) durch einen Hydraulikdruck proportional zu einer Lastanforderung im Hydraulikkreis betätigbar ist und somit die Magnetkraft von dem in der Magnetspule (4) fließenden elektrischen Strom und der Lastanforderung im Hydraulikkreis abhängig einstellbar ist.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass mit abnehmender Breite des Luftspalts (10) der magnetische Widerstand im Magnetkreis kleiner und damit die Magnetkraft zwischen dem ersten Teil des Magnetkerns (2) und Magnetanker (3) einstellbar ist.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass man zwischen dem zweiten (6) und dem ersten Teil (6) des Magnetkerns eine Druckfeder (9) anordnet, die bei abnehmender hydraulischer Druckkraft auf den zweiten Teil des Magnetkerns (6) diesen von dem ersten Teil des Magnetkerns (2) wegbewegt, so dass sich der zweite Spalt (10) zwischen zweiten (6) und dem ersten Teil (2) des Magnetkerns vergrößert und die Magnetkraft abnimmt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



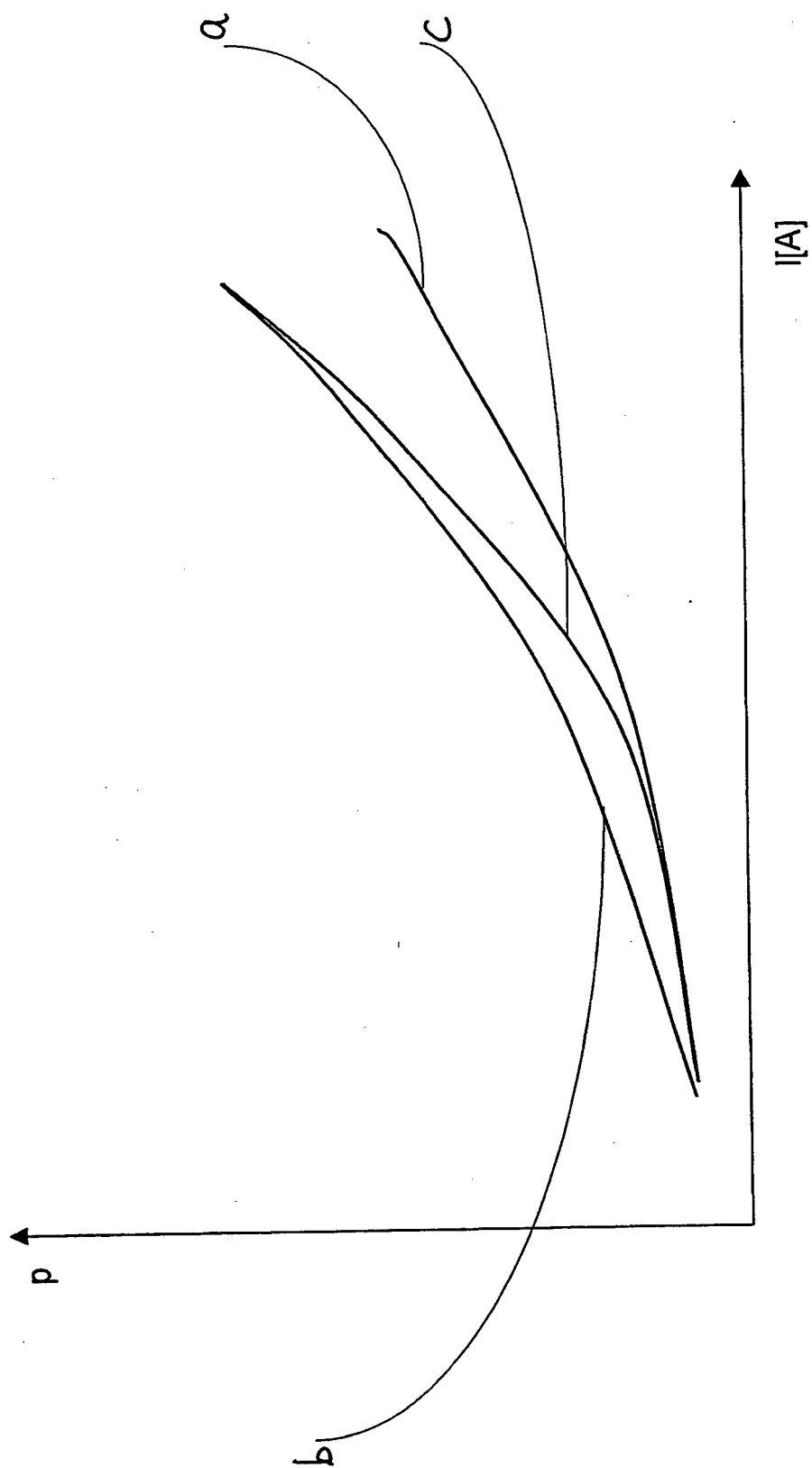


Fig. 2